



# Primer registro de algas dulceacuícolas del Paleógeno de la Cuenca de Ñirihuau, Argentina: descripciones sistemáticas y análisis palinofacial

Marcelo A. MARTÍNEZ<sup>1</sup>, Nora C. FERRER<sup>2</sup> y Marcos A. ASENSIO<sup>3</sup>

**Abstract.** FIRST RECORD OF PALEOGENE FRESHWATER ALGAE FROM ÑIRIHUAU BASIN, ARGENTINA. SYSTEMATIC DESCRIPTIONS AND PALYNOFACIES ANALYSIS. The first record of Paleogene freshwater algae from Ñirihuau Basin is presented. The microflora was recovered from the Salto del Macho Formation (Middle Eocene - Early Oligocene). Palynological and palynofacial analysis were carried out in order to establish the characteristics of the depositional environment. Thirteen taxa of Chlorophyta and Charophyta belonging to Botryococcaceae (*Botryococcus* sp. cf. *B. braunii*), Hydrodictyaceae (*Pediastrum* sp. cf. *P. boryanum*), Oedogoniaceae (*Oedogonium* sp. cf. *O. cretaceum*) and Zygnemataceae (seven species of *Spirogyra*, *Lecaniella irregularis*, *Schizosporis* sp. cf. *S. reticulatus* and gen. et sp. indet.) are described and illustrated. The palynological association suggests a freshwater, mesotrophic, shallow, probably stagnant and temporary body with neutral to slightly alkaline pH, under seasonally intense evaporation and temperate climatic conditions reaching, temperatures over 20°C. The palynofacies is dominated by amorphous organic matter of algal origin suggesting a reducing (at least temporarily disoxic-anoxic) environment under stagnant conditions. The low fluorescence suggests that the prevalent depositional conditions were not adequate for kerogen preservation. The present data confirm the wider environmental variability of the Salto del Macho Formation, which varies from freshwater bodies (this contribution) to marginal-marine environments (previous record).

**Resumen.** Se presenta el primer registro de algas dulceacuícolas del Paleógeno de la Cuenca de Ñirihuau. La microflora proviene de la Formación Salto del Macho (Eoceno Medio - Oligoceno Temprano). El análisis palinológico y palinofacial fue llevado a cabo con el objeto de determinar las características del ambiente de depositación. Se describen e ilustran trece taxones de Chlorophyta y Charophyta pertenecientes a Botryococcaceae (*Botryococcus* sp. cf. *B. braunii*), Hydrodictyaceae (*Pediastrum* sp. cf. *P. boryanum*), Oedogoniaceae (*Oedogonium* sp. cf. *O. cretaceum*) y Zygnemataceae (siete especies de *Spirogyra*, *Lecaniella irregularis*, *Schizosporis* sp. cf. *S. reticulatus* y gen. et sp. indet.). La asociación palinológica identificada sugiere un cuerpo de agua dulce, mesotrófico, somero, probablemente estancado, con pH cercano a la neutralidad o levemente alcalino, temporario, sometido estacionalmente a intensa evaporación bajo condiciones climáticas templadas, alcanzando incluso temperaturas por encima de los 20°C. La palinofacies está dominada por materia orgánica amorfa de origen algal evidenciando un ambiente reductor (al menos temporalmente disódico-anódico) bajo condiciones de estancamiento. La escasa fluorescencia observada sugiere que no siempre prevalecieron condiciones óptimas de anoxia para una buena preservación del querógeno. El presente estudio permite confirmar para la Formación Salto del Macho una amplia variabilidad paleoambiental desde condiciones dulce-acuícolas (esta contribución) hasta marino-marginales (previamente registrada).

**Key words.** Freshwater algae. Palynofacies. Salto del Macho Formation. Paleogene. Ñirihuau Basin.

**Palabras clave.** Algas dulceacuícolas. Palinofacies. Formación Salto del Macho. Paleógeno. Cuenca de Ñirihuau.

## Introducción

El objetivo de la presente contribución es dar a conocer los primeros resultados palinológicos formales efectuados en muestras de afloramiento de la Formación Salto del Macho (Asensio *et al.*, 2005) del Paleó-

geno de la Cuenca de Ñirihuau. Este trabajo se contextualiza en el marco del estudio interdisciplinario sedimentológico-palinológico que se está llevando a cabo en esta cuenca, uno de cuyos objetivos es determinar las relaciones temporo-espaciales de las distintas unidades litoestratigráficas en estudio. En este sentido, esta presentación constituye un aporte al conocimiento de las variaciones ambientales de la Formación Salto del Macho.

Los estudios de asociaciones algales dulceacuícolas han presentado en los últimos años un interés creciente por su valor potencial para determinaciones paleoambientales. Dentro de los grupos algales pertenecientes a la División Chlorophyta, ha sido ampliamente mencionado *Botryococcus*. A través del tiempo geológico *Botryococcus* no ha mostrado varia-

<sup>1</sup>CONICET. INGEOSUR. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina. [martinez@criba.edu.ar](mailto:martinez@criba.edu.ar)

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Sur, Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina. [nferrer@uns.edu.ar](mailto:nferrer@uns.edu.ar)

<sup>3</sup>CONICET. CCT-BBca (Centro Científico Tecnológico - Bahía Blanca), IADO (Instituto Argentino de Oceanografía), Camino La Carrindanga Km. 7, 8000 Bahía Blanca, Argentina. [masensio@uns.edu.ar](mailto:masensio@uns.edu.ar)

ciones significativas desde el punto de vista morfológico considerándose que los requerimientos ecológicos de las formas fósiles habrían sido similares a las formas actuales, esta característica le confiere una gran utilidad para interpretaciones paleoambientales (Guy-Ohlson, 1992, 1998; Guy-Ohlson y Lindström, 1994; Batten y Grenfell, 1996; entre otros). Basados en este paradigma actualista, varios autores han usado el mismo criterio para otros grupos algales (Zippi, 1998; en Zamaloa y Tell, 2005; entre otros).

Se presenta el estudio sistemático de los distintos taxones algales identificados, sus frecuencias relativas, así como la descripción de la palinofacies y grado de preservación de la materia orgánica palinológica con el propósito de evaluar las condiciones paleoambientales e inferir parámetros físico-químicos del cuerpo de agua al momento de depositación.

### Marco geológico regional y localidad de estudio

El desarrollo de la Cuenca de Ñirihuau se circunscribe a la porción septentrional de la Cordillera Patagónica (figura 1) y se extiende aproximadamente unos 200 km en dirección N-S desde San Carlos de Bariloche hasta Esquel (Cazau *et al.*, 1989), abarcando actualmente una extensión meridiana cercana a los 100 km.

La sección Ñorquínco se ubica aproximadamente en la porción centro-oriental de la Cuenca de Ñirihuau, y juega un rol muy importante en lo que se refiere al ordenamiento estratigráfico del registro geológico de la misma (figura 2). Ha sido frecuentemente asignada a la Formación Ñirihuau correlacionándola con los depósitos volcanoclásticos y piroclásticos del río Ñirihuau (González Bonorino y González Bonorino, 1978; Cazau *et al.*, 1989) distante unos 75 km hacia el norte. Sin embargo, y de acuerdo a las importantes diferencias litológicas, Ramos (1981) realiza una división entre ambas regiones separándolas en sector sur (Ñorquínco y Cushamen) y sector norte (Bariloche y Las Bayas).

Recientes estudios (Asensio y Zavala, 2006) han correlacionado los afloramientos del área de Ñorquínco con los presentes en el valle del río Foyel (región andina), antiguamente considerados como dos depocentros aislados temporal y espacialmente (Giacosa y Heredia, 2004a y 2004b). Esta integración resultó en un panorama estratigráfico distinto, siendo más significativa la evolución regional de la Cuenca de Ñirihuau.

La sección Ñorquínco (figura 2) se compone principalmente por 388 metros de conglomerados gruesos de composición principalmente lítica predominando los clastos derivados de granitoides, cuarcitas,

esquistos, y rocas porfíricas. Dentro de este conjunto se intercalan algunos bancos de pelitas, areniscas inmaduras y niveles con carbón. Esta porción inferior ha sido interpretada como depósitos de abanicos deltaicos y aluviales, donde se intercalan algunos cuerpos de agua someros. Ha sido asignada a la Formación Salto del Macho (Asensio *et al.*, 2005; Asensio *et al.*, 2008) cuya edad aún no ha sido establecida con exactitud, estimándose que se ubica en el intervalo Eoceno Medio-Oligoceno Inferior. El nivel portador de la microflora analizada se ubica a 137,2 metros de la base del perfil estratigráfico, relevado en cercanías de la Estancia Sede y corresponde a un banco de pelitas carbonosas laminadas que se intercalan con areniscas y pelitas de color pardo.

A esta sucesión le continúan 123 metros de areniscas y pelitas silicoclásticas de la Formación Ñorquínco y culmina con 226 metros de rocas piroclásticas y volcanoclásticas con cierta participación de niveles carbonáticos, pertenecientes a la Formación Ñirihuau. Éste último tramo de la sección posee dataciones presentadas por Giacosa *et al.* (2005) que arrojan edades K/Ar de 22 a 19,7 Ma (figura 2), correlacionándolas con las dataciones existentes para la Formación Ventana (Cazau *et al.*, 1989).

### Materiales y métodos

La extracción físico-química del nivel analizado se efectuó sometiendo el material al ataque con ácido clorhídrico y fluorhídrico. A partir de este residuo se realizaron preparados para estudiar el contenido orgánico palinológico total (palinofacies). Para determinar el origen de la materia orgánica amorfa se siguieron las técnicas propuestas por Batten (1981) y Batten y Morrison (1983). El contenido en palinomorfos fue concentrado luego de tratamientos con líquidos pesados, centrifugados breves y sucesivas oxidaciones con ácido nítrico concentrado seguido de remoción de los compuestos húmicos con hidróxido de amonio al 5%.

Las muestras están depositadas en el Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional del Sur, con las siglas UNSP-SM (Salto del Macho). Las coordenadas corresponden a la reglilla England Finder. El estudio se realizó mediante técnicas de microscopía de luz transmitida, utilizando microscopios Olympus BX40, Nikon Eclipse 80i y microscopía de fluorescencia UV con filtro de excitación azul montada en microscopio Olympus BH2. Para microscopía electrónica de barrido (MEB), los materiales se montaron sobre cubreobjetos, se metalizaron con oro y se observaron con un microscopio JEOL SM-35 CF del Centro Científico Tecnológico de Bahía Blanca (CCT-BBca).

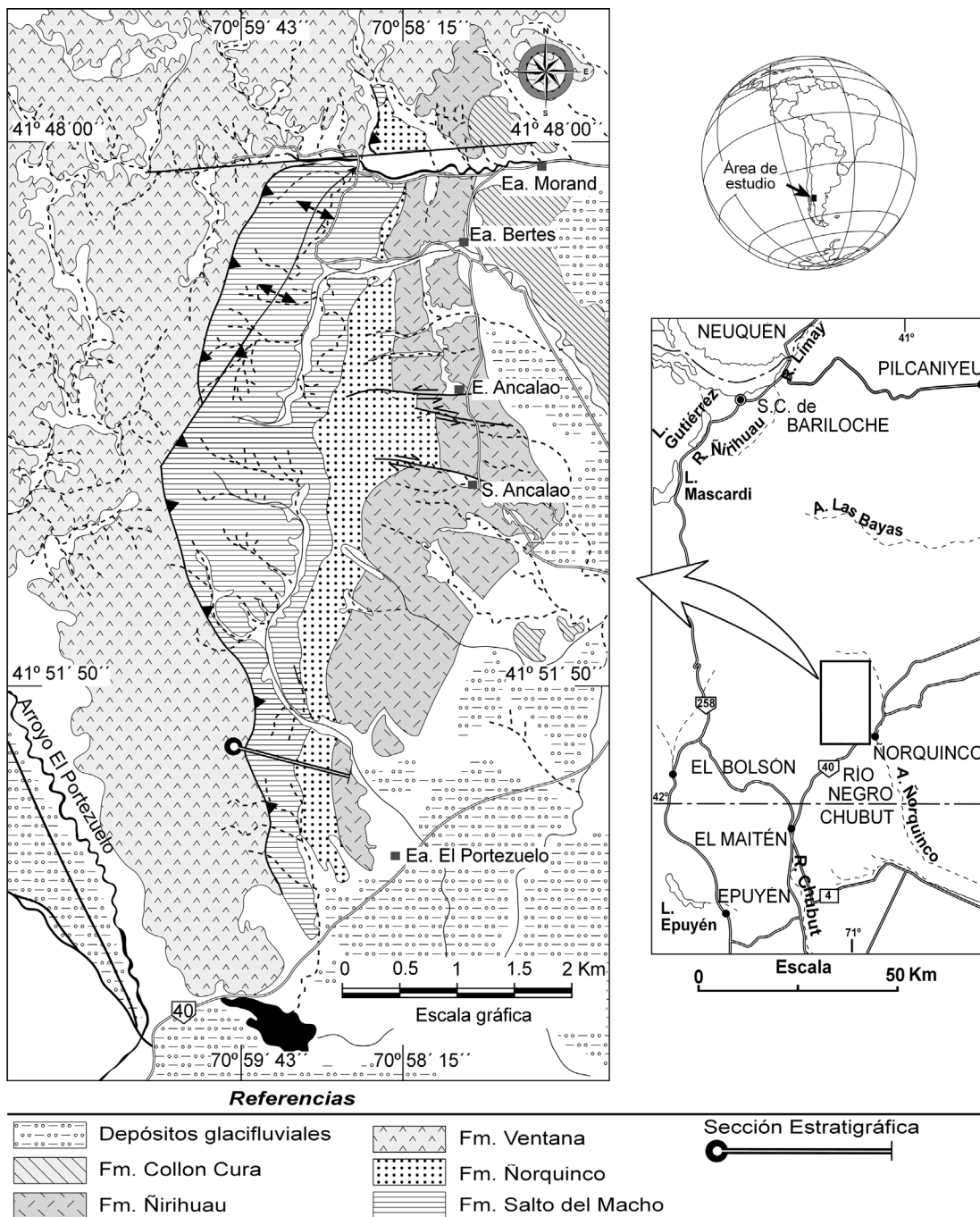


Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad de estudio y unidades estratigráficas de la Cuenca de Ñirihuau / location map of the studied locality and stratigraphics units of the Ñirihuau Basin.

El análisis palinofacial se realizó sobre la base del reconocimiento de los distintos tipos de materia orgánica palinológica: palinomorfos, fitoclastos translúcidos y amorfo. La palinofacies se caracterizó semicuantitativamente; esto es, las proporciones de los tipos de materia orgánica se determinaron mediante valoraciones visuales realizadas en distintos puntos del preparado con un objetivo x 20 bajo luz transmitida y se expresaron en términos de: abundante, moderado, escaso y presente. La microscopía de luz in-

cidente azul fluorescente, permitió mediante la observación del color e intensidad de los constituyentes orgánicos, determinar su naturaleza y estado de preservación, en el sentido de Tyson (1995, p. 347).

### Paleontología sistemática

La taxonomía de gran parte de los grupos algales aquí identificados se basa en la combinación de ras-





puestos se basan en la ausencia de células o contenido celular en el material fósil (en Rodríguez Amenábar y Ottone, 2003) y/o destrucción de caracteres diagnósticos durante el proceso de sedimentación o procesamiento químico (en Zavattieri y Prámparo, 2006); sin embargo, aún no ha sido resuelto, a partir de qué caracteres debería clasificarse *Botryococcus* a nivel específico (Senousy *et al.*, 2004, p.412). Otros autores han reconocido y valorado su utilidad como indicador paleoecológico, paleoclimático y paleoambiental, pero han restado un valor bioestratigráfico a estas algas al realizar sólo determinaciones a nivel genérico (Guy-Ohlson, 1992, 1998; Guy-Ohlson y Lindström, 1994; Tyson, 1995). Asimismo, han considerado que las variaciones de tamaño, morfología y estadio de desarrollo que exhiben los agregados, se relacionan con cambios ambientales y/o climáticos tales como grado de humedad, intensidad de la luz, salinidad, contenido de nitrógeno y disponibilidad de oxígeno.

Komárek y Marvan (1992) propusieron 13 especies en base a diferencias morfológicas. Sin embargo éstas no han sido ampliamente usadas argumentándose que probablemente, algunas de las especies publicadas y comúnmente aceptadas de *Botryococcus* pueden en realidad representar cambios polimórficos dentro de la misma especie (*B. braunii*). A este razonamiento han adherido autores como Zippi (1998); Batten y Grenfell (1996); Senousy *et al.*, (2004); entre otros.

Para la ubicación sistemática de *B. braunii* se han seguido aquí las filogenias basadas en estudios moleculares de Senousy *et al.*, (2004).

***Botryococcus* sp. cf. *B. braunii* Kützing, 1849**  
Figuras 3.15-20, 22

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738e: B10/4, D55/4, H11/3, L48, O10, P23/2, Q40/1, R46/3, T42, V48, X19/3, X61/3, Z10/3; UNSP-SM 2738f: F52/1; UNSP-SM 2738g: D59/1, G37, Q63 y 6 ejemplares de MEB.

**Comentarios.** Colonias de contorno ovoidal a sub-redondeado (en planta) y lateralmente con aspecto de abanico con diferente grado de amplitud (figuras 3.-17-18). Se observan tanto agregados simples (globosos), (figura 3.15) como compuestos (botroidales) (figura 3.20), sin autosporas preservadas. Coexisten agregados que se presentan bien estructurados, con buena conservación de copas, esqueleto y anillos de crecimiento (figuras 3.15-18), con otros con tendencia a formar una matriz no-estructurada. La mayoría de los agregados estructurados constan de un número limitado de copas relativamente grandes y robustas. Puede observarse claramente la cavidad de alojamiento de las autosporas con la típica forma oval o de pera que caracteriza las mismas en vista lateral, y

en planta forma oval, redondeada hasta subtriangular (figura 3.17). Las copas exhiben secciones transversales circulares a sub-circulares o menos comúnmente irregulares producto de la deformación durante la diagénesis.

**Dimensiones** (23 ejemplares medidos). Diámetro máximo de las colonias: 40(61,2)87 µm. Diámetro máximo de las copas: 8(11)14 µm; espesor de la pared: 1,4(2,2)4 µm. Cavidad de alojamiento de la autospora en vista lateral, largo: 7(7,7)8 µm, ancho: 5(6)7 µm; en planta, largo: 1,9(2,4)3,1 µm, ancho: 1(1,5)1,9 µm.

**Comparaciones.** Los ejemplares aquí descriptos son comparables con el material de Zippi (1998) perteneciente al Albiano de la Formación Matagami, Canadá y con las formas "tipo 1" del Berriasiano temprano de Inglaterra ilustrados por Batten y Grenfell (1996), sobre todo con aquellas colonias que exhiben copas relativamente grandes y gruesas paredes (Plate 1, figs. 6-7). Si bien los ejemplares ilustrados por Zippi (op. cit. 1998) y Batten y Grenfell (op. cit. 1996) son similares a la especie actual *B. braunii*, estos autores manifiestan que es preferible realizar comparación con el material actual y no una asignación específica dado que no puede aseverarse de manera fehaciente la correspondencia entre estas formas. Similar criterio ha sido seguido en esta contribución.

**Observaciones.** En algunas masas de *Botryococcus* amorfas se han observado claros indicios de ataque microbiano. Estos microorganismos poseen forma de cilindros con extremos redondeados y medidas del orden de 1x2µm (figura 3.20).

Clase CHLOROPHYCEAE Kützing, 1843  
Orden SPHAEROPLEALES Deason *et al.*, 1991  
Familia HYDRODICTYACEAE Dumortier, 1829  
*em. Deason et al.*, 1991

Género *Pediastrum* Meyen, 1829

**Especie tipo.** *Pediastrum duplex* Meyen, 1829.

Si bien el registro geológico de este género se extiende desde el Cretácico Temprano hasta la actualidad, es a partir del Cenozoico cuando este taxón comienza a citarse más frecuentemente (Tyson, 1995; Batten, 1996 y referencias allí citadas). Recientemente Zavattieri *et al.*, 2008 realizaron la primera mención del género (con ilustraciones) para depósitos jurásicos (Toarciano temprano), correspondientes a la Formación Nestares, Grupo Cuyo, Cuenca Neuquina.

La característica morfológica distintiva del género *Pediastrum* es la disposición de las células internas y externas en cenobios circulares planos. La diferenciación de las especies se basa en: el número de células del cenobio, la forma de las células (internas y externas), la ornamentación de la pared, la presencia o au-

sencia de espacios entre las células internas (perforaciones) y el número, forma y orientación de los cuernos de las células exteriores (Tell y Zamaloa, 2004). Las formas cretácicas y paleocenas poseen cenobios compactos, en tanto que las especies perforadas hacen su aparición en el Eoceno (Batten, 1996).

Aunque la diferenciación de las especies fósiles de *Pediastrum* y su comparación con formas actuales es relativamente fácil si la preservación del material es buena (Batten, 1996), esta tarea ha merecido escasa atención en publicaciones de nuestro país, siendo frecuentemente citado en asignación abierta y/o escasamente descripto. Zamaloa y Tell (2005), hacen una interesante revisión de distintas especies de *Pediastrum* del Mesozoico y Cenozoico de Sudamérica austral (principalmente Argentina) e incluyen abundantes ejemplares ilustrados y presentados en asignación abierta por otros autores, y los re-ubican sistemáticamente.

*Pediastrum* sp. cf. *P. boryanum* (Turpin) Meneghini, 1840

Figuras 4.4-5

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738d: D46/1; UNSP-SM 2738f: Y46; UNSP-SM 2738g: E36/2, U46/4, Y32.

**Descripción.** Cenobios planos, no perforados, de pared microgranulada, originalmente circulares a elípticos, conservados en la mayoría de los casos sólo como fragmentos del cenobio. Las células externas poseen dos cuernos que se disponen en un mismo plano.

**Observaciones.** Si bien algunos ejemplares exhiben perforaciones, las mismas no muestran un patrón definido, por lo que se asume que obedecen a procesos corrosivos por ataque de microorganismos (hongos y/o bacterias) más que a características de valor diagnóstico. Similares perforaciones han sido registradas en numerosos ejemplares de otros grupos algales aquí presentados (e.g. *Spirogyra*) lo que avalaría esta interpretación.

**Comparaciones.** Los ejemplares aquí descriptos

muestran cierta similitud con *Pediastrum boryanum* (plate 1, fig. 1), *P. boryanum* var. *boryanum* (plate 1, fig. 4) y *P. sp. aff. boryanum* (plate 1, figs. 9-10) de Zamaloa y Tell (2005). Según estos autores *P. boryanum* var. *boryanum*, es el único taxón registrado en el lapso Cretácico Tardío - Eoceno Temprano de Sudamérica austral. Si bien nuestro material podría ubicarse dentro de esta especie, su grado de conservación impide una asignación segura (Zippi com. pers.).

**Dimensiones** (5 ejemplares medidos). El largo de las células es medido coincidente con el eje radial del cenobio y el ancho perpendicularmente al mismo. Diámetro máximo del cenobio: 47(64,2)77 µm. Célula interna, largo: 8 µm, ancho: 13 µm. Célula externa, largo (a): 12 µm, ancho: 13 µm. Longitud de los cuernos (b): 6(6,8)7 µm. Distancia entre cuernos (c): 8(9)10 µm. a / b: 1,71; c / b: 1,42.

Orden OEDOGONIALES G.S. West, 1904

Familia OEDOGONIACEAE De Bary ex Hirn, 1900

Género *Oedogonium* Link, 1820

**Especie tipo.** *Oedogonium grande* Kützinger, 1845 var. *grande*

Han sido descriptas aproximadamente 400 especies de *Oedogonium* que varían en el tamaño de las células vegetativas, forma y tipo de aperturas, dimensiones del oogonio, ornamentación de la pared del cigoto y localización de los anteridios (en Graham y Wilcox, 2000). Los ejemplares fósiles de *Oedogonium* son raros (en Zippi, 1998), razón por lo cual este taxón ha sido escasamente mencionado en preparados palinológicos. Para el Devónico medio de New York se menciona *Palaeoedogonium* con características similares a *Oedogonium* actual (en Martín-Closas, 2003), lo que sugiere una evolución temprana de este grupo de algas.

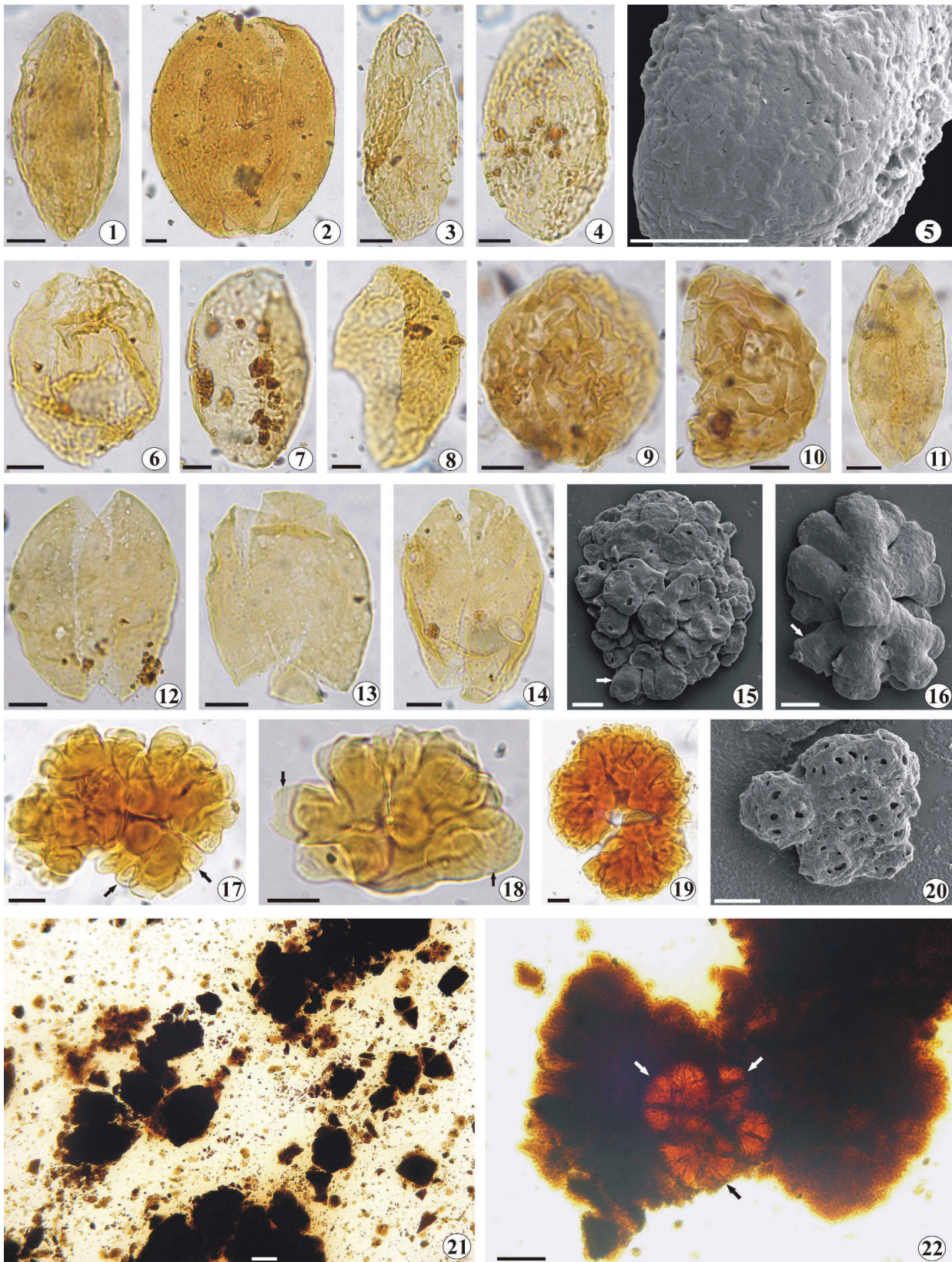
*Oedogonium* sp. cf. *O. cretaceum* Zippi, 1998

Figuras 4.10-13

**Material.** UNSP-SM 2738f: O51, Z50, Z39, Z24/1, P23/1; UNSP-

**Figura 3. 1, *Spirogyra* sp. 1, ejemplar completo de contorno elipsoidal / ellipsoidal specimen with two valves, UNSP-SM 2738e: S49/2; 2, *Spirogyra* sp. 2, ejemplar subesferoidal con sutura que rodea casi completamente a la espora / sub-spheroidal specimen with suture encircling almost completely the spore, UNSP-SM 2738g: N16/3; 3-5, *Spirogyra* sp. 3, superficie con muros rectos a sinuosos longitudinales / surface with straight to sinuous longitudinal muri; 3, UNSP-SM 2738e: B21; 4, UNSP-SM 2738g: J63/1; 5, MEB UNSP-SM 2738; 6-8, *Spirogyra* sp. 4; 6, ejemplar completo / specimen with two valves, UNSP-SM 2738f: Z22; 7, una valva / one valve, UNSP-SM 2738e: D14/2; 8, una valva / one valve, UNSP-SM 2738g: O2; 9-10, cf. *Spirogyra* sp. 5; 9, ejemplar completo / specimen with two valves, UNSP-SM 2738e: W38/1; 10, una valva / one valve, UNSP-SM. 2738e: C23; 11-12, *Spirogyra* sp. 6; 11, UNSP-SM 2738e: C16/1; 12, UNSP-SM 2738g: M33/3; 13-14, *Spirogyra* sp. cf. *S. sp.* 6; 13, UNSP-SM 2738f: Y34; 14, UNSP-SM 2738g: J64/4; 15-20, *Botryococcus* sp. cf. *B. braunii* Kützinger; 15-16, 20, MEB UNSP-SM 2738; 15, colonia globosa, la flecha muestra copas bien conservadas con anillos de crecimiento / globular colony, arrow show well-preserved cups with growth rings; 16, parte basal del esqueleto de una colonia madura mostrando crecimiento ramificado / basal part of the skeleton of an older colony showing branched growth, la flecha señala anillos de crecimiento / arrow show growth rings; 17, colonia botroidal con detalle de las cavidades de las copas sin autoesporas / botryoidal colony showing detail of the cavities cups without autospores, UNSP-SM 2738e: L48; 18, colonia mostrando ramificaciones y anillos de crecimiento muy bien preservados / colony showing branching and well preserved growth rings, UNSP-SM 2738f: F52/1; 19, colonia compuesta con ramas / compound colony showing branches, UNSP-SM 2738g: D59/1; 20, colonia compuesta botroidal, mostrando el esqueleto de las bases de sus copas bien definidas, afectada por ataque bac-**





teriano / compound botryoidal colony showing the skeleton of the well-defined cups, affected by bacterial attack; **21**, aspecto general de la palinofacies, sin oxidar, ni filtrar, donde se muestra el predominio de materia orgánica amorfa (AOM) / general aspect of palynofacies, without filtering or oxidative treatment, showing predominance of amorphous organic matter (AOM), UNSP-SM 2738b: B60/3; **22**, detalle de una gran colonia compuesta botroidal de *Botryococcus* sp. cf. *B. braunii* incluida en una masa de AOM esponjosa / detail of a large compound botryoidal colony of *Botryococcus* sp. cf. *B. braunii* included in a spongy AOM mass, UNSP-SM 2738b: Y27/3. Escala gráfica = 10  $\mu$ m, en todas excepto en fig. 21 y 22 = 50  $\mu$ m / scale bar = 10  $\mu$ m in all, except in 21 and 22 = 50  $\mu$ m.



SM 2738g: Z46/2, F34/3, H49/4, R63, X57/4, Z58, Y15/1, S1/4; UNSP-SM 2738e: J10, E9/4 y 3 ejemplares de MEB.

**Descripción.** Espora esferoidal a subesferoidal de contorno circular a elíptico. La pared es gruesa (hasta 6 µm de espesor), de aspecto rígido, color marrón anaranjado oscuro con bordes externos lisos hasta irregulares, pared corrugada y frecuentemente perforada (cavidades de hasta 7 µm de diámetro). La estructura interna de la pared no es claramente discernible, sin embargo ejemplares fotografiados con MEB muestran una estructura de tipo "esponjosa".

**Comparaciones.** Los ejemplares aquí presentados son muy similares a los estudiados por Zippi (1998) para el Albiano de la Formación Mattagami (Zippi, com. pers.), sin embargo, el tamaño de nuestras oosporas es considerablemente mayor que las de Zippi [20,5-(23,7)-31,6 µm.]. En la Formación Mattagami *Oedogonium cretaceum* se presenta frecuentemente bajo la forma de oosporas, mientras que las aplanosporas (de forma rectangular o elongada) son menos frecuentes. En el presente material se mantiene la misma relación.

**Observaciones.** *Oedogonium* fósil ha sido escasamente citado en nuestro país. Para el Mioceno de los Valles Calchaquíes, se menciona la presencia de *Oedogonium* sp. y *Oedogonium cretaceum* en asociación con otras clorofíceas similares a las aquí descritas (Mautino, 2003, 2007).

**Dimensiones** (18 ejemplares medidos). Diámetro de la oospora, ancho: 29(40,7)50 µm, largo: 41(49,3)59 µm.

División CHAROPHYTA *sensu* Lewis y  
McCourt, 2004

Clase ZYGNEMATOPHYCEAE van den Hoek *et al.*, 1995  
Orden ZYGNEMATALES G.M. Smith, 1933  
Familia ZYGNEMATACEAE Kützing, 1843

Las Zygnemataceae son algas verdes filamentosas no ramificadas, cuyo biocrón (basado en el registro de sus cigósporas) se extiende desde el Carbonífero Temprano al presente (Colbath y Grenfell, 1995; van Geel y Grenfell, 1996). En la actualidad se reconocen 13 géneros y alrededor de 600 especies con una amplia distribución en el globo (Hoshaw *et al.*, 1990), siendo los más representativos: *Spirogyra*, *Zygnema* y *Mougeotia*.

La taxonomía del grupo se basa tanto en los caracteres de los filamentos vegetativos (*i.e.* dimensiones, tipo de septo, número de cloroplastos) como en los aspectos de la reproducción sexual, denominada conjugación, y la ornamentación de las cigósporas (Transeau, 1951; Randhawa, 1959; Kadlubowska, 1972, 1984).

La pared de las cigósporas de las Zygnemataceae AMEGHINIANA 45 (4), 2008

presenta tres capas principales: un exósporo, un mesósporo y un endósporo. El mesósporo puede ser liso o variadamente ornamentado (en Grenfell, 1995), siendo esencial el conocimiento de la estructura de la superficie de esta capa para la identificación de las especies.

La diferenciación entre cigósporas (esporas resultantes de la reproducción sexual) y aplanosporas (esporas de origen asexual) es prácticamente imposible para la mayoría de los géneros de Zygnemataceae sin hacer referencia a las células vegetativas acompañantes, ya que su morfología y, especialmente su ornamentación, son muy similares. Dado que las estructuras vegetativas normalmente no fosilizan, utilizaremos el término genérico de "esporas" para referirnos indistintamente a cigósporas y/o aplanosporas.

### Género *Spirogyra* Link, 1820

**Especie tipo.** *Spirogyra porticalis* (Müller) Cleve, 1868.

Se incluyen dentro de este género natural a aquellas formas correspondientes a esporas ovoidales hasta subesferoidales con dehiscencias longitudinales simples. Ejemplares con estas características han sido tradicionalmente asignados a los morfogéneros *Ovoidites* (ampliamente citado para el Meso y Cenozoico) y *Brazilea* (citado para el Paleozoico Superior - Mesozoico inferior en nuestro país) entre otros. La sinonimia completa del género *Ovoidites* puede recogerse en Zippi (1998, p. 34). Zavattieri y Prámparo (2006, p. 1198), realizan un interesante rastreo del género así como de *O. spriggi* (Cookson y Dettmann) Zippi, 1998 una de las especies más ampliamente mencionadas. La morfología relativamente simple de las formas tipo-*Ovoidites*, permite realizar con alto grado de confianza una asignación a formas naturales (*Spirogyra*), apoyándonos en la experiencia científica de uno de los autores con material actual (Ferrer, 1998 y subsiguientes).

### Complejo *Spirogyra* sp. 1 - sp. 5 Figuras 3.1-10

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738e: B21, B48/4, C23, D14/2, S49/2, U51, W31/4, W38/1; UNSP-SM 2738f: W43/3, Z22; UNSP-SM 2738g: J63/1, N16/3, O2, U19 y 1 ejemplar de MEB.

Se reúnen aquí un conjunto de esporas de pared ornamentada, las que varían entre el morfotipo G (reticulado) y K (mesósporo interno liso y externo corrugado) de Jao (en Grenfell, 1995). De manera general pueden describirse como esporas elipsoidales y extremos más o menos agudos (figuras 3.1, 3) hasta sub-esferoidales y ápices redondeados (figuras 3.2, 6, 8). La ornamentación de la pared varía desde escabrida y supracorrugada (figuras 3.1-2), muros de dis-



posición subparalela en sentido longitudinal, con tendencia a formar un retículo más o menos definido (figuras 3.3-5) hasta definitivamente reticuladas (figuras 3.6-8). La mayoría de los ejemplares exhiben una sutura longitudinal que no rodea completamente la espora, por lo que las valvas permanecen unidas; de manera subordinada se han hallado valvas aisladas (figuras 3.7-8).

En la tabla 1 se reúnen las descripciones y comparaciones realizadas de las 5 especies de *Spirogyra* de pared ornamentada identificadas en la presente asociación (*Spirogyra* sp. 1, 2, 3, 4 y cf. *S.* sp. 5).

***Spirogyra* sp. 6**  
Figuras 3.11-12

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738e: A29, C16/1, D31, L10/3, O52, Q21, Q28/2, Y23/3; UNSP-SM 2738f: P38, Q31; UNSP-SM 2738g: G47/2, M33/3, N51/3, T54/2.

**Descripción.** Esporas de contorno elíptico (extremos agudos a subredondeados) hasta sub-circular de pared delgada (del orden del  $\mu\text{m}$ ). La superficie de la pared es lisa. Sutura longitudinal que no rodea completamente la espora, por lo que al abrirse las valvas permanecen unidas.

**Observaciones.** Las perforaciones sub-circulares, irregularmente distribuidas presentes en la pared de estas esporas muy probablemente representan procesos corrosivos por ataque de microorganismos (hongos y/o bacterias). De toda la asociación algal aquí estudiada las esporas levigadas son las que presentan los mayores indicios de degradación biológica. Este hecho ya fue mencionado por Elsik (1966) quien describe tres patrones de degradación por ataque de hongos afectando fundamentalmente a palinomorfs de pared lisa. La degradación observada en *Spirogyra* sp. 6 coincide perfectamente con el patrón "1" de Elsik (1966). Zavattieri y Prámparo (2006) mencionan que las micro-perforaciones observadas en *Ovoidites spriggi* podrían ser atribuidas a procesos corrosivos.

**Comparaciones.** El presente material es similar a ejemplares ilustrados por Zippi (1998), siendo las formas elipsoidales comparables a *O. parvus* en tanto que las esféricas lo son con *O. spriggi*. Asimismo son similares a *Spirogyra* sp. Tipo A de Zamaloa (1996) del cual se diferencian por presentar mayores dimensiones ( $47-71 \times 102-142 \mu\text{m}$ ) y pared de hasta  $1,5 \mu\text{m}$ .

**Dimensiones** (14 ejemplares medidos). Diámetro de la espora, ancho:  $25(38)50 \mu\text{m}$ , largo:  $48(57,7)66 \mu\text{m}$ . Relación ancho / largo:  $1/2(2/3) 6/7$ .

***Spirogyra* sp. cf. *S.* sp. 6**  
Figuras 3.13-14

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738e: B56, S48/1, U38/3, X18/4, X19; UNSP-SM 2738f: F52/1, O33, Y34; UNSP-SM 2738g: J3/4, J64/4, S41/1, Z46, Z63/3.

**Observaciones.** Se incluyen ejemplares similares a *Spirogyra* sp. 6, de la cual difieren por la presencia de suturas de mayor complejidad que aíslan porciones diferenciales de cuerpo (rasgo que no es comúnmente observado y/o citado para *Spirogyra*). Como característica general estas formas muestran suturas longitudinales que tienden a complejizarse hacia uno o ambos polos. En ocasiones estas describen patrones de distribución complejos, llegando a cruzarse con variados ángulos y aislando distintas porciones del cuerpo. Las suturas principales raramente rodean totalmente el cuerpo por lo que las partes permanecen generalmente unidas, sin embargo suturas accesorias frecuentemente aíslan porciones menores en uno o ambos polos siendo susceptibles de remoción.

**Dimensiones** (11 ejemplares medidos). Diámetro de la espora, ancho:  $37(41,3)44 \mu\text{m}$ , largo:  $47(53,1)67 \mu\text{m}$ . Relación ancho / largo:  $2/3(4/5) 8/9$ .

**Comparaciones.** Gauthier-Lièvre, 1965, menciona cigósporas actuales de Sudáfrica asignadas a *S. nitida* con doble línea de dehiscencia y Bourrelly (1984), describe e ilustra cigósporas actuales de Nueva Caledonia asignadas a *Spirogyra fritschiana* con línea de dehiscencia longitudinal que se bifurca en uno de sus extremos (Pl.12, fig. 120). Pocock y Sarjeant (1972), describen acritarcos Partitomorphae correspondientes al Triásico de Pakistán y Jurásico de Canadá que muestran cierta similitud con el presente material; algunos de las cuales están asociados con *Botryococcus* evidenciando un origen dulceacuícola hasta salobre. Similares condiciones paleoecológicas son sugeridas para el presente material.

Género ***Lecaniella*** Cookson y Eisenack, 1962

**Especie tipo.** *Lecaniella margostriata* Cookson y Eisenack, 1962

***Lecaniella irregularis*** Zippi, 1998  
Figuras 4.1-3

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738f: W48, Z43; UNSP-SM 2738g: M42/1, O48/4.

**Descripción.** Esporas de contorno circular a subcircular en vista polar. Compresión polar dando una apariencia discoidal. Pared gruesa de hasta  $2,5 \mu\text{m}$ . Las crestas circumpolares no están claramente definidas. Sutura ecuatorial. Los ejemplares se presentan: completos (figura 4.1), con las valvas levemente separadas y plegadas (figura 4.2) o bien como valvas aisladas plegadas hacia adentro en dos lados opuestos dando la típica apariencia de canoa (figura 4.3). La superficie externa se caracteriza por la presencia

**Tabla 1.** Características comparativas de *Spirogyra* sp. 1, S. sp. 2, S. sp. 3, S. sp. 4 y cf. S. sp. 5 / comparative characteristics of *Spirogyra* sp. 1, S. sp. 2, S. sp. 3, S. sp. 4 and cf. S. sp. 5.

Rasgo medido			<i>Spirogyra</i> sp. 1	<i>Spirogyra</i> sp. 2	<i>Spirogyra</i> sp. 3	<i>Spirogyra</i> sp. 4	cf. <i>Spirogyra</i> sp. 5
Material ilustrado			Figura 3.1	Figura 3.2	Figura 3.3-5	Figura 3.6-8	Figura 3.9-10
Material estudiado			2738e: S49/2	2738g: N16/3	2738e: B21, U51, W31/4; 2738f: W43/3; 2738g: J63/1, U19 y 1 ejemplar de MEB.	2738e: B48/4, D14/2;2738f: Z22; 2738g: O2	2738e: C23, W38/1
Forma			elipsoidal, extremos agudos	subesferoidal	elipsoidal, extremos ± agudos a subredondeados	subesferoidal a ovoidal, ápices redondeados	subesferoidal
Ornamentación			escabrada supracorrugada en sentido meridional	escabrada supra-corrugada en sentido meridional menos evidente que en <i>S. sp. 1</i>	muros rectos a sinuosos de disposición subparalela en sentido meridional, con tendencia a anastomosarse y formar un retículo bajo pero claramente definido. Los muros encierran lúmenes de tamaño y forma variable. En MEB, se observan también microperforaciones en la pared	retículo de paredes fuertemente sinuosas y lúmenes irregulares	pared psilada a escabrada, multiplegada. Transición entre pliegues y rúgulas gruesas (>2 µm de ancho) y sinuosas que describen un retículo imperfecto de aspecto cerebroide.
Sutura longitudinal			rectimarginada, casi rodea completamente la espora, las valvas permanecen unidas	recta a levemente ondulante casi rodea completamente la espora, valvas unidas	rectimarginada, escasamente visible en algunos ejemplares, en otros rodea completamente la espora separando las valvas	recta a levemente sinuosa rodeando totalmente la espora, valvas aisladas frecuentes	irregular y rodeando la espora, evidente sólo en una de las valvas, no así en el ejemplar completo
Dimensiones	Cuerpo	Ancho	29 µm	92 µm	26 - (35,1) - 46 µm	34 - (40,3) - 44 µm	44 µm
		Largo	61 µm	115 µm	46 - (69,4) - 91 µm	56 - (69) - 76 µm	49 - 53 µm
	ancho : largo		~ 1/2	4/5	3/7 a 3/5	~ 1/2 a 4/5	8/9
	Espesor pared		<1 µm	2 µm	0,5 - (0,8) - 1 µm	1 µm	0,8 - 1 µm
	Muros	Ancho	-	-	1 - (1,45) - 1,7 µm	1 µm	-
		Alto	-	-	0,5 - (0,9) - 1 µm	0,5 - (0,8) - 1 µm	-
Comparaciones			Coindice en dimensiones y rasgos morfológicos con <i>Spirogyra</i> sp. Tipo C de Zamalao, 1996 (Lám I, 23-24)	<i>Ovoidites spriggi</i> constituye el morfogénero más afín, probablemente <i>S. sp. 2</i> representa un extremo dentro de la variabilidad intra-específica de esta forma	<i>Spirogyra</i> sp. de van Geel y Grenfell, 1996 (pl. 1, 10-11); <i>S. sp. Tipo 406</i> de Hooghiemstra, 1984 (plate 48); <i>S. spp.</i> (Tipo 2, 3b y 3c) de van Geel y van der Hammen, 1978 (pl. IV, 43-44, 46-47); <i>S. cf. Tipo 132</i> de van der Wiel, 1982 (pl. III, 132a-b); <i>Ovoidites</i> sp. de Rich <i>et al.</i> , 1982 (Pl. 1, 4) y <i>O. sp.</i> de Prámparo <i>et al.</i> , 2005 (Fig. 4. G)	Presenta cierta similitud con <i>Spirogyra</i> sp. Tipo B de Zamalao, 1996 (Lám I, 10-14), sin embargo ésta posee mayores dimensiones (36-59 x 71-100 µm)	Se ha preferido comparar debido a la escasez y particularidad del material. <i>Spirogyra</i> sp. Tipo B de Zamalao, 1996, presenta un aspecto cerebroide, pero retículo distinto, mejor definido y mayor dimensión

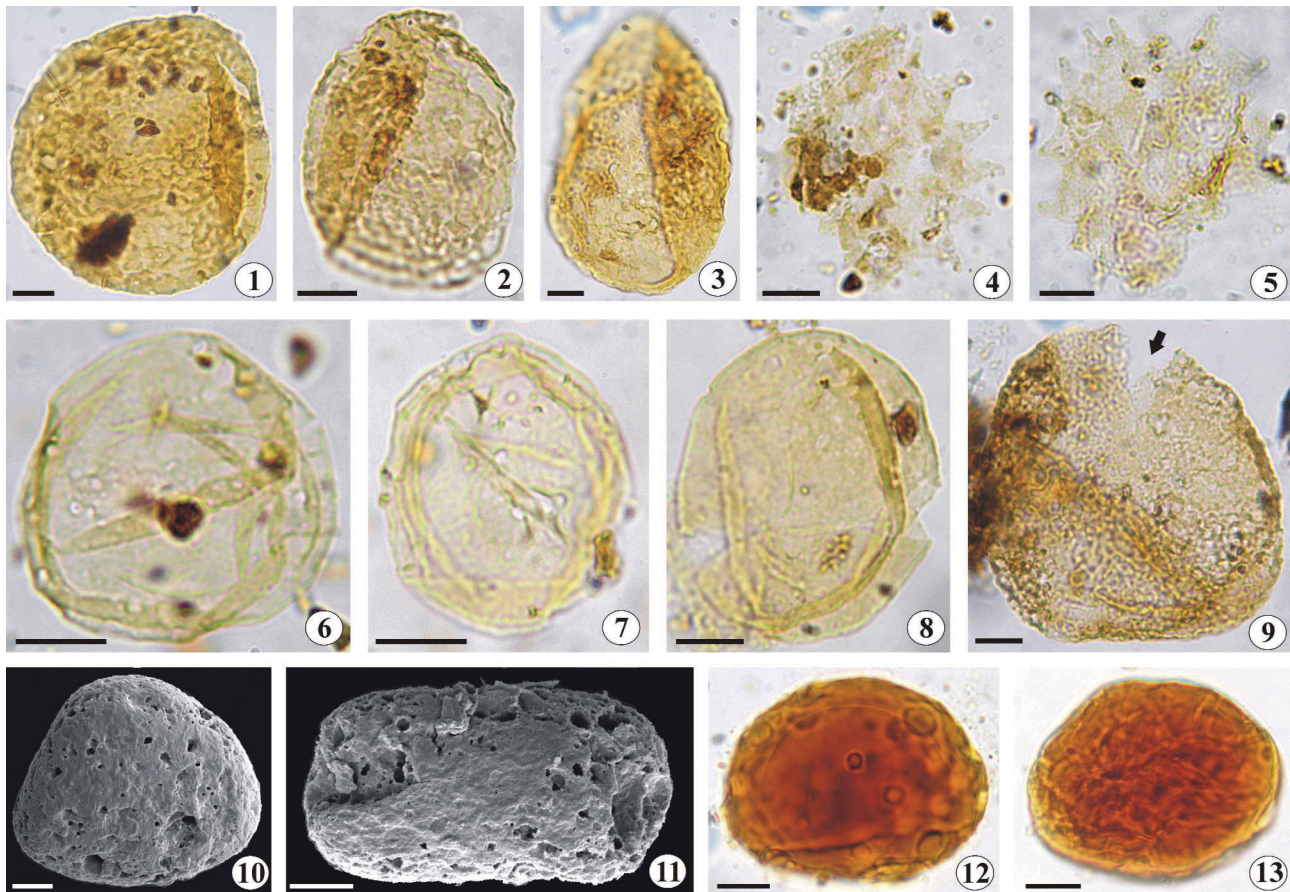
de muros sinuosos y lúminas que describen un retículo imperfecto. En la zona pre-ecuatorial de cada valva, los muros se disponen más o menos perpendicularmente al mismo (figuras 4.1, 2) Algunos ejem-

AMEGHINIANA 45 (4), 2008

plares exhiben pequeñas perforaciones sin llegar a describir un patrón claramente foveolado.

**Dimensiones** (4 ejemplares medidos). Diámetro ecuatorial máximo: 48(63)79  $\mu\text{m}$ ; ancho de los





**Figura 4.** 1-3, *Lecaniella irregularis* Zippi; 1, ejemplar completo / specimen with two valves, UNSP-SM 2738g: M42/1; 2, ejemplar completo con sus valvas levemente rotadas / specimen with two slightly rotated valves, UNSP-SM 2738f: W48; 3, valva aislada, plegada hacia adentro en dos lados opuestos dando la típica apariencia de canoa / single half curled inward to form a typical canoe-shaped body, UNSP-SM 2738f: Z43; 4-5, *Pediastrum* sp. cf. *P. boryanum* (Turpin) Meneghini; 4, UNSP-SM 2738d: D46/1; 5, UNSP-SM 2738g: E36/2; 6-8, Gen. et sp. indet.; 6, UNSP-SM 2738e: T51/1; 7, UNSP-SM 2738e: Z23/3; 8, ejemplar con sutura de dehiscencia / specimen with dehiscence suture; 9, *Schizosporis* sp. cf. *S. reticulatus* (Cookson y Dettmann) Pierce, la flecha señala la sutura de dehiscencia / arrow show the dehiscence suture, UNSP-SM 2738f: W29/1; 10-13, *Oedogonium* sp. cf. *O. cretaceum* Zippi; 10-11, MEB UNSP-SM 2738; 10, ?aplanospore / ?aplanospore; 11, aplanospore / aplanospore; 12, oopora / oospore, UNSP-SM 2738g: F34/3; 13, oopora / oospore, UNSP-SM 2738f: P23/1. Escala gráfica = 10 µm / scale bar = 10 µm.

muros: 1(1,4)2µm, alto de los muros: 0,5(0,9)1 µm.

**Comparaciones.** El presente material es comparable a *L. irregularis* descrito e ilustrado por Zavattieri y Prámparo (2006), quienes mencionan en sus ejemplares el carácter transicional entre *L. irregularis* de Zippi (1998) y *L. foveata* Singh 1971. El diámetro ecuatorial máximo es mayor al presentado por Zippi para *L. irregularis* (47,09-69,25µm), sin embargo Zavattieri y Prámparo (op. cit.) amplían el diámetro de esta especie al incluir ejemplares de mayor tamaño (65-85µm). Los ejemplares de las figuras 5.1-2, muestran cierta similitud a los ilustrados por Batten *et al.*, (1994) como *L. korsoddensis* (Plate 1.10-12). El ejemplar de la figura 4.3 con la típica forma de canoa es perfectamente comparable a los ilustrados por Zippi (1998, Plate 9.1-7) como *L. irregularis*.

**Afinidad botánica.** Según Batten *et al.*, 1994, la posición sistemática de *Lecaniella* es incierta. Sin embargo

su afinidad con las zygnematáceas es la que mas consenso ha encontrado entre los palinólogos. Dentro de esta familia se las ha vinculado con: *Debarya* (Head, 1992; Grenfell, 1995), *Zygnemopsis* (Head, 1992) y *Zygogonium tunetanum* (Zippi, 1998).

Gen. et sp. indet.

Figuras 4.6-8

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738e: A17/4, D51/1, F18/4, H26/2, O39/3, P28/4, Q28/4, T51/1, Z23/3; UNSP-SM 2738f: W38; UNSP-SM 2738g: H9/3, P3, R18/1, T2/4, U35, X13/4,

**Descripción.** Esporas de contorno circular a sub-circular, menos frecuentemente elíptico, comprimidas a modo de discos. Pared delgada (del orden del µm) escabrada, con frecuentes perforaciones de variadas dimensiones (?corrosión). Todos los ejemplares exhiben pliegues circumpolares próximos al ecuador des-



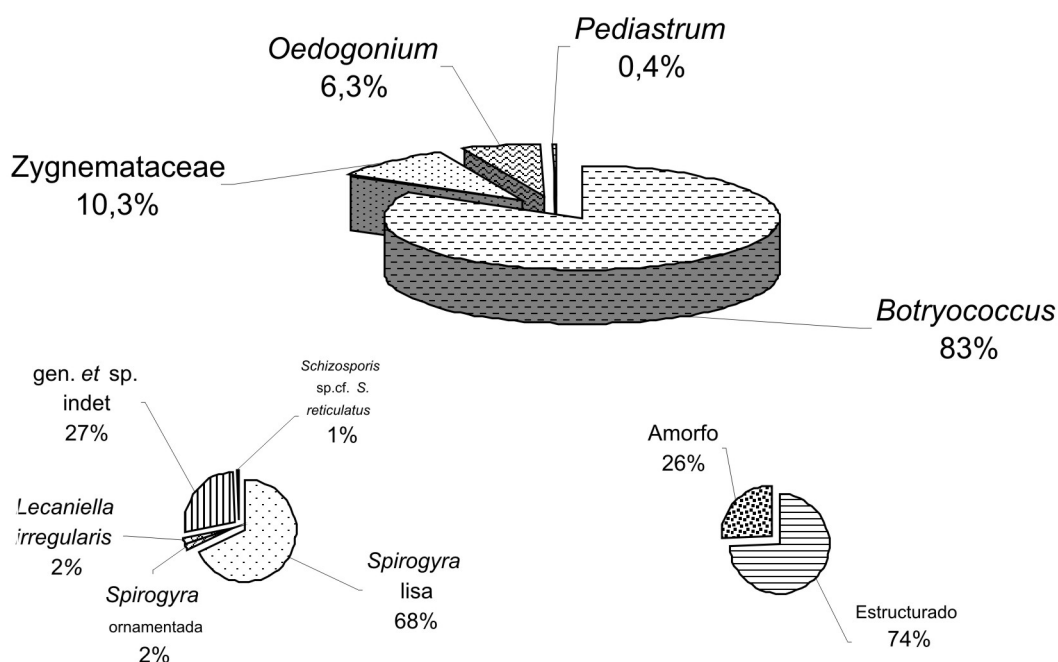


Figura 5. Representación de la microflora algal / representation of the algal microflora.

cribiendo un anillo más o menos continuo. Pliegues de menor tamaño frecuentemente se entrecruzan en una o ambas caras. Sutura ocasionalmente observable, que no rodea totalmente la espora por lo que las valvas (no siempre del mismo tamaño) permanecen unidas (figura 4.8).

**Dimensiones** (17 ejemplares medidos). Ancho: 29 (35,6)41 µm, largo: 34(42,4)53 µm.

**Comparaciones.** El presente material muestra características transicionales a dos morfógenos con afinidad a las zygnemátáceas: forma discoidal y con pliegues circumpolares (parcialmente equivalente a "cresta circumpolar" en Head, 1992) típicos de *Lecaniella* (siguiendo a Head, 1992) y contorno circular, características de la pared y tipo de sutura (cuando se observa) comparable a *Ovoidites spriggi*. Asimismo algunos ejemplares inaperturados muestran similitudes con acritarcos Sphaeromorphitae frecuentemente asignados al género *Leiosphaeridia*. La naturaleza del resto de la asociación y el tipo de sutura observado permite aceptar con cierto grado de certeza un origen algal vinculado a las zygnemátáceas para estas formas estudiadas.

Género *Schizosporis* (Cookson y Dettmann) Pierce, 1976

**Especie tipo.** *Schizosporis reticulatus* Cookson y Dettmann, 1959.

*Schizosporis* sp. cf. *S. reticulatus* (Cookson y Dettmann) Pierce, 1976  
Figura 4.9

AMEGHINIANA 45 (4), 2008

**Material estudiado.** UNSP-SM 2738f: W29/1.

**Dimensiones.** Diámetro máximo: 69 µm (un ejemplar medido).

**Observaciones.** El ejemplar ilustrado muestra cierta similitud con *Schizosporis reticulatus*, en cuanto a la forma esferoidal, estructura celular de la pared (dando la apariencia de un fuerte retículo) y sutura ecuatorial. El estado de preservación del único ejemplar encontrado impidió observar características detalladas de la morfología para realizar una correcta asignación por lo que se ha preferido comparar.

**Afinidad biológica.** *S. reticulatus*, posee características morfológicas que sugieren una afinidad con las Chlorophyta. Según Zippi (1998), la presencia de sutura de dehiscencia ecuatorial o longitudinal es diagnóstica de las Zygnemataceae. A este tipo de afinidad han adherido la mayoría de los autores (Grenfell, 1995; van Geel y Grenfell, 1996; Zippi, 1998; Martín-Closas, 2003 entre otros). Sin embargo van Geel (1998) ha postulado que *S. reticulatus* podría representar huevos de resistencia de rotíferos relacionado a la especie actual *Hexarthra mira*.

## Consideraciones ecológicas

*Botryococcus* actualmente se haya ampliamente distribuido en regiones tropicales y templadas, llegando a tolerar climas estacionalmente fríos (Batten y Grenfell, 1996). Es una forma dulceacuícola y eurihalina, que prospera inclusive en albuferas (Medeanic, 2006). Su ca-

rácter trófico ha sido discutido ampliamente por varios autores, llegando inclusive a reportarse en ambientes eutróficos (Tyson 1995; en Ottone y Mancuso, 2006). Sin embargo parece existir cierto consenso en cuanto al carácter oligo- a mesotrófico de estas algas (Komárek y Marvan, 1992; Tyson, 1995; Rodríguez Amenábar y Ottone, 2003; Chmura *et al.*, 2006; Ottone y Mancuso, 2006; Borel, 2007; Mautino, 2007; entre otros).

*Pediastrum* constituye un componente frecuente de las comunidades fitoplanctónicas de agua dulce, aunque también comúnmente crece sobre macrofitas sumergidas y sobre el fondo (Tyson, 1995, p.313.). *Pediastrum* y *Botryococcus* a menudo se presentan conjuntamente en los mismos sedimentos, pero no son usualmente abundantes de manera simultánea, sugiriendo que estos taxones poseen diferentes requerimientos ecológicos. *Pediastrum* claramente prefiere una carga de nutrientes más alta y está a menudo más asociado con lagos hiper-eutróficos con columna de agua inestable (Tyson, 1995, p.313-315 y referencias allí citadas). *Pediastrum boryanum* se desarrolla en lagos eutróficos a mesotróficos, usualmente ligeramente alcalinos de zonas templadas (Komárek y Jankovská, 2001; Tell, 2004; Zamaloa y Tell, 2005).

Las Zygnemataceae son algas principalmente dulceacuícolas, que crecen formando parte del macrobentos y del macroplancton. Prefieren ambientes lénticos de aguas someras, carácter estacional o temporario, a la vez que ricas en oxígeno, con pH cercano a la neutralidad, o ácido en el caso de *Zygogonium* (Lynn y Brock, 1969). Unas pocas especies habitan lagunas salobres, pero no existen representantes marinos (Kadlubowska, 1984). La presencia de cigósporas fósiles de estas algas (usualmente de *Spirogyra* y *Mougeotia*) implica la existencia, en el pasado, de un cuerpo de agua estancado, poco profundo, mesotrófico, sujeto a temperaturas cálidas en primavera, responsables de inducir la conjugación (van Geel, 1978; van Geel y van der Hammen, 1978; Jarzen, 1979).

La ocurrencia de *Lecaniella* en palinofloras pobremente preservadas, o con escasa representación de otros constituyentes, sugiere ambientes de deposición de agua dulce sujetos a repetida desecación, como encharcamientos efímeros de llanura de inundación o depósitos de *playa lake* (Zippi, 1998).

*Oedogonium* comúnmente crece adherida a plantas sumergidas u otros sustratos, en aguas dulces poco profundas (Graham y Wilcox, 2000). No existen especies marinas conocidas y ha sido escasamente citado para cuerpos de agua salobres (Zippi, 1998 y citas allí presentadas). Los hábitat preferidos son, en orden de importancia: encharcamientos permanentes, lagos, encharcamientos temporarios y corrientes. Los requerimientos paleoecológicos que pueden ser

inferidos a partir de oosporas fósiles de *Oedogonium* incluyen: cuerpos de agua dulce, someros, estancos o sujetos a movimiento lento con pH alcalino, deficitarios en nitrógeno y sometidos a variaciones climáticas estacionales (Zippi, 1998).

*Hexarthra mira* es un rotífero cuyo hábitat óptimo se desarrolla en cuerpos dulceacuícolas hasta salobres (lagos y encharcamientos), en un rango de temperaturas de 13 a 28 °C y pH superior a 7 (van Geel, 1998).

## Caracterización de la asociación palinológica y palinofacies

La microflora analizada está casi enteramente constituida por algas dulceacuícolas pertenecientes a las Divisiones Chlorophyta y Charophyta, siendo ampliamente dominante *Botryococcus* (83%), (figura 5). Del total de colonias identificadas la mayoría (74%) se presentan bien estructuradas, con buena conservación de copas, esqueleto y anillos de crecimiento, mientras que un 26% muestran tendencia a formar una matriz amorfa. Las Zygnemataceae constituyen el segundo grupo en importancia (10,3%), siendo predominante *Spirogyra* (7,3%). Dentro de este género, las esporas lisas son dominantes pero menos diversas, en tanto que las formas ornamentadas presentan una relación inversa. Frecuentemente, las esporas lisas de *Spirogyra* muestran signos evidentes de corrosión por ataque de hongos y/o bacterias. Otras zygnemataceas (*Lecaniella irregularis*, gen. et sp. indet., etc) representan el 3%. Las Oedogoniaceae constituyen el tercer grupo (6,3%), con *Oedogonium* sp. cf. *O. cretaeum*. Escasos (0,4%) y mal preservados cenobios de Hydrodictyaceae (*Pediastrum* sp. cf. *P. boryanum*) completan la asociación.

Los esporomorfos se han registrado como presencia de granos de polen de notofagáceas (*Nothofagidites* del grupo "menziesii").

La palinofacies está casi enteramente constituida por materia orgánica amorfa esponjosa (muy abundante) y de manera subordinada amorfo finamente dividido (moderado a escaso) de color castaño medio o más comúnmente castaño oscuro, no fluorescente. Ocasionalmente fitoclastos translúcidos bioestructurados (tejidos y cutículas) han sido identificados (presencia). Tras breve oxidación la materia orgánica amorfa no se remueve por lo que puede asumirse un origen algal, presunción que puede ser avalada por la constitución de la microflora. En este sentido constituye el denominado "AOM" (materia orgánica amorfa) de Tyson (1995). Moderados a escasos agregados subcirculares a irregulares, incoloros a castaño muy claro, fluorescen internamente de manera irre-

gular, moderadamente al amarillo verdoso - amarillo anaranjado. El contenido algal identificado en general no muestra fluorescencia, tan sólo los agregados de *Botryococcus* y las oosporas de Oedogoniaceae mejor preservadas fluorescen moderadamente al amarillo anaranjado.

## Discusión y conclusiones

La asociación microflorística descrita constituye el primer registro palinológico formal, con descripciones sistemáticas e ilustraciones de palinomorfs de la Formación Salto del Macho. La única mención previa para esta formación corresponde a Asensio *et al.* (2006) y Martínez *et al.* (2006), en la localidad Río Foyel, quienes a partir del análisis interdisciplinario sedimentológico-palinológico sugieren un ambiente de depositación marino marginal y salinidad subnormal correspondiente a un fan-delta.

Se identificó y describió una variada microflora compuesta por 13 taxones de algas, representadas por Chlorophyta: *Botryococcus* sp. cf. *B. braunii*, *Pediastrum* sp. cf. *P. boryanum*, *Oedogonium* sp. cf. *O. cretaceum* y Charophyta: *Spirogyra* sp. 1, *S.* sp. 2, *S.* sp. 3, *S.* sp. 4, cf. *S.* sp. 5, *S.* sp. 6, *S.* sp. cf. *S.* sp. 6, *Lecaniella irregularis*, *Schizosporis* sp. cf. *S. reticulatus* y gen. et sp. indet.

Si bien a partir de la microflora estudiada no pueden efectuarse determinaciones bioestratigráficas de detalle, el carácter eminentemente algal de la misma le confiere un gran valor para realizar interpretaciones paleoambientales. La asociación palinológica identificada sugiere un ambiente de agua dulce, mesotrófico, somero y probablemente estancado, con pH cercano a la neutralidad o levemente alcalino. La presencia de esporas de zygnemátáceas sugiere un hábitat de carácter estacional o temporario, durante el cual el cuerpo de agua (probablemente un encharcamiento o laguna efímera) estuvo sometido estacionalmente a intensa evaporación bajo condiciones climáticas templadas, alcanzando incluso temperaturas por encima de los 20°C (predominio de *Spirogyra*, según van Geel y van der Hammen, 1978). En este contexto, el desarrollo de esporas de resistencia, tanto de zygnemátáceas como de oedogoniáceas, constituye una estrategia reproductiva para resistir a la inminente desecación del cuerpo de agua, para luego germinar cuando las condiciones ambientales se tornan favorables.

Según Guy-Ohlson (1992, p. 9), cuando en la misma muestra coexisten agregados de *Botryococcus* que exhiben distintos estadios de desarrollo (colonias simples y compuestas) y estado de conservación (bien estructuradas y amorfas) puede estar reflejando cambios estacionales al momento de la depositación.

En la microflora analizada se observan agregados con distintos estadios de desarrollo, sin autoesporas, bien estructuradas (presencia de "anillos de crecimiento") y otras con tendencia a formar una matriz no-estructurada. Desde el punto paleoecológico esto sugiere que prevalecieron condiciones ambientales y/o climáticas variables durante un largo período de tiempo y baja disponibilidad de oxígeno (Guy-Ohlson, 1992, 1998; Guy-Ohlson y Lindström, 1994; Rodríguez Amenábar y Ottone, 2003). Otros autores han vinculado la degradación de estas algas con diferentes grados de ataque microbiano bajo condiciones anóxicas durante la depositación o en las etapas tempranas de la diagénesis (Batten y Grenfell, 1996). En la asociación descrita, la presencia de microorganismos (probables bacterias) asociados con masas no-estructuradas o muy débilmente estructuradas de *Botryococcus* sugiere una intensa biodegradación de las colonias. En facies lacustres la degradación y corrosión producida por ataque microbiano anaeróbico constituye el mecanismo de alteración predominante (del Papa *et al.*, 2002).

La ausencia casi total de esporomorfos en la microflora puede estar vinculada a la combinación de factores tales como pH alcalino, Eh relativamente oxidante (al menos temporalmente) y una intensa actividad biológica (Bryant *et al.*, 1994, p. 54). Experimentos de laboratorio han demostrado que la resistencia a la oxidación con ácidos de las esporas de zygnemátáceas actuales es mucho mayor que la del polen de coníferas, angiospermas y esporas de helechos actuales (Zippi *et al.*, 1990; Zippi, 1998).

El predominio casi exclusivo de materia orgánica amorfa ("AOM") evidencia un ambiente reductor, al menos temporalmente disódico-anódico (Tyson, 1995) y condiciones de estancamiento (del Papa *et al.*, 2002). Sin embargo, la escasa fluorescencia observada sugiere que la presente palinofacies se correspondería con la escala de preservación cualitativa 1-2 de Tyson (1995, p.347) vinculada a materia orgánica amorfa algal/bacterial degradada, lo que indica que no siempre prevalecieron condiciones óptimas de anoxia para una buena preservación del querógeno palinológico.

A partir del presente estudio no pueden obtenerse mayores precisiones en cuanto a las condiciones climáticas imperantes durante la depositación de la Formación Salto del Macho ya que se trata de una única microflora y en el caso particular de esta asociación sólo pueden inferirse parámetros físico-químicos del cuerpo de agua de carácter local. Sin embargo, permite confirmar para esta formación una variabilidad paleoambiental desde condiciones dulce-acuícolas (esta contribución) hasta marino-marginales (previamente establecidas). Microfloras dominadas por esporomorfos (esporas y granos de polen)



de esta misma formación en una localidad aledaña (Río Foyel) están siendo actualmente motivo de estudio (Asensio *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2006), permitiendo reconstruir de manera preliminar un ambiente de bosques templado-húmedos. El hallazgo en campo de numerosos troncos transportados avala la presencia de vegetación arbórea en cercanías del depocentro.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur (SeGCyT) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) por el apoyo económico brindado. A D. Olivera por la dedicación en el procesamiento y preparación de la muestra. A numerosos colegas que de una u otra manera han realizado aportes enriquecedores: M. Borel, M. del C. Zamaloa, C.G. Vélez y C. Rodríguez Amenábar. Muy especialmente a P. Zippi por la buena predisposición y generosidad al aceptar observar parte del material y emitir opinión acerca de las formas asignadas a *Oedogonium* y *Pediastrum*. Los autores agradecen a M. Quattrocchio por la lectura crítica del manuscrito. Los aportes realizados por G. Ottone, y dos árbitros anónimos contribuyeron a mejorar el trabajo. Es un aporte al PICT N° 26329 de la ANPCyT.

## Bibliografía

- Asensio, M. y Zavala, C. 2006. Tectonosomes: A new insight in Ñirihuau Basin. 4° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 11° Reunión Argentina de Sedimentología (San Carlos de Bariloche), *Resúmenes*: p. 49.
- Asensio, M., Zavala, C. y Arcuri, M. 2005. Los sedimentos terciarios del Río Foyel, provincia de Río Negro, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino (La Plata), 3: 271-276.
- Asensio, M., Martínez, M.A., Quattrocchio, M.E. y Zavala, C.A. 2006. Análisis estratigráfico, sedimentológico y palinológico de las formaciones Salto del Macho y Río Foyel, Cuenca de Ñirihuau, Argentina. 4° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 11° Reunión Argentina de Sedimentología (San Carlos de Bariloche), *Resúmenes*: p. 50.
- Asensio, M., Zavala, C.A. y Cazau, L.B. 2008. Análisis tectosedimentario de la Formación Salto del Macho, Cuenca de Ñirihuau, Argentina. 7° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (Mar del Plata) (en prensa).
- Batten, D.J. 1981. Palynofacies, organic maturation and source potential for petroleum. En: J. Brooks (ed.), *Organic maturation studies and fossil fuel exploration*. Academic Press, New York, pp. 201-223.
- Batten, D.J. 1996. Capítulo 7C. Colonial Chlorococcales. En: J. Jansonius y D.C. McGregor (eds.), *Palynology: principles and applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 1: 191-203.
- Batten, D.J. y Grenfell, H.R. 1996. Capítulo 7D. *Botryococcus*. En: J. Jansonius y D.C. McGregor (eds.), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 1: 205-214.
- Batten, D.J. y Morrison, L. 1983. Methods of palynological preparation for palaeoenvironmental, source potential and organic maturation studies. En: L.I. Costa (ed.), *Palynology - Micropalaeontology: laboratories, equipment and methods*. Bulletin of the Norwegian Petroleum Directorate 2: 35-53.
- Batten, D.J., Koppellhus, E.B. y Nielsen, L.H. 1994. Uppermost Triassic to Middle Jurassic palynofacies and palynomiscellanea in the Danish Basin and Fennoscandian Border Zone. *Cahiers de Micropaléontologie*, New Series 9: 21-54.
- Borel, C.M., Guerstein, G.R. y Prieto, A.R. 2003. Palinomorfos acuáticos (algas y acritarcos) del Holoceno de la laguna Hinojales (Buenos Aires, Argentina): interpretación paleoecológica. *Ameghiniana* 40: 531-544.
- Borel, C.M. 2007. Algas no silíceas y acritarcos de depósitos costeros holocenos en el arroyo La Ballenera, Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 44: 359-366.
- Bourrelly, P. 1984. Algues d'eau douce de la Nouvelle Calédonie recueillies par la Mission F. Starmühlner en 1965 (Diatomées exclues). 1ère Partie: Cyanophycées, Rhodophycées, Xanthophycées, Phéophycées, Euglénophycées, Chlorophycées (sauf Desmidiées). *Revista de Hidrobiología Tropical* 17: 13-51.
- Bryant, V.M. Jr., Holloway, R.G., Jones, J.G. y Carlson, D.L. 1994. Pollen preservation in alkaline soils of the American Southwest. En: A. Traverse (ed.), *Sedimentation of organic particles*, Cambridge University Press, pp. 47-58.
- Cazau, L., Mancini, D., Cangini, J. y Spalletti, L. 1989. Cuenca de Ñirihuau. En: G. Chebli y L. Spalletti (eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas*, Serie Correlación Geológica, San Miguel de Tucumán., Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán, pp. 299-318.
- Chmura, G.L., Stone, P.A. y Ross, M.S. 2006. Non-pollen microfossils in Everglades sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 103-119.
- Cleve, P. 1868. *Försök till en monografi öfver de Svenska Arterna algfamiljen Zygnemaceae*. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, Serie 3, 6.
- Colbath, G.K. y Grenfell, H.R. 1995. Review of biological affinities of Paleozoic acid-resistant, organic-walled eukaryotic algal microfossils (including "acritarchs"). *Review of Palaeobotany and Palynology* 86: 287-314.
- Cookson, I.C. y Dettmann, M.E., 1959. On *Schizosporis*, a new form genus from Australian Cretaceous deposits. *Micropaleontology* 5: 213-216.
- Cookson, I.C. y Eisenack, A. 1962. Some Cretaceous and Tertiary microfossils from Western Australia. *Proceedings of Royal Society of Victoria* 75: 269-273.
- Deason, T.R., Silva, P.C., Watanebe, S. y Floyd, G.L. 1991. Taxonomic status of the green algal genus *Neochloris*. *Plant Systematics and Evolution* 177: 213-219.
- del Papa, C., García, V. y Quattrocchio, M. 2002. Sedimentary facies and palynofacies assemblages in an Eocene perennial lake, Lumbra formation, northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 553-569.
- Dumortier, B. 1829. *Analyse des familles des plantes avec l'indication de principau cenres que s'y battachent*. Tournay, 104 pp.
- Elsik, W.C. 1966. Biologic degradation of fossil pollen grains and spores. *Micropaleontology* 12: 515-518.
- Ferrer, N.C. 1998. [Biología y taxonomía de Zygnemataceae (Zygnematophyceae, Chlorophyta) del sur de la Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 172 pp. Inédito].
- Friedl, T. 1995. Inferring taxonomic positions and testing genus level assignments in coccoid green lichen algae: A phylogenetic analysis of 18S ribosomal RNA sequences from *Dictyochloropsis reticulata* and from members of the genus *Myrmecia* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae cl. nov.). *Journal of Phycology* 31: 632-639.
- Gauthier-Lièvre, L. 1965. Zygnemacées africaines. *Nova Hedwigia* 20: 1-210.
- Giacosa, R. y Heredia, N. 2004a. Estructura de los Andes Nordpatagónicos en los cordones Piltriquitrón y Serrucho y en el valle de El Bolsón (41°30' - 42°00' S), Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 91-102.
- Giacosa, R. y Heredia, N. 2004b. Structure of the North Patagonian thick-skinned fold-and-thrust belt, southern cen-

- tral Andes, Argentina (41°-42° S). *Journal of South American Earth Sciences* 18: 61-72.
- Giacosa, R., Heredia, N., Césari, O., Zubia, M., González, R. y Faroux, A. 2005. Descripción geológica de la Hoja 4172-IV, San Carlos de Bariloche, Provincias de Río Negro y Neuquén. *Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín* 279, Buenos Aires.
- González Bonorino, F. y González Bonorino, G. 1978. Geología de la región de San Carlos de Bariloche: Un estudio de las Formaciones Terciarias del Grupo Nahuel Huapi. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 33: 175-210.
- Graham, L.E. y Wilcox, L.W. 2000. *Algae*. Prentice-Hall, Inc. 640 pp.
- Grenfell, H.R. 1995. Probable fossil zygnematacean algal spore genera. *Review of Palaeobotany and Palynology* 84: 201-220.
- Guy-Ohlson, D. 1992. *Botryococcus* as an aid in the interpretation of palaeoenvironment and depositional processes. *Review of Palaeobotany and Palynology* 71: 1-15.
- Guy-Ohlson, D. 1998. The use of the microalga *Botryococcus* in the interpretation of lacustrine environments at the Jurassic-Cretaceous transition in Sweden. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 140: 347-356.
- Guy-Ohlson, D. y Lindström, S. 1994. Palaeoecology of the Early Permian strata at Heimefrontfjella, Dronning Maud Land, Antarctica. *Antarctic Science* 6: 507-515.
- Head, M.J. 1992. Zygosporangia of the Zygnemataceae (Division Chlorophyta) and other freshwater algal spores from the uppermost Pliocene St. Erth Beds of Cornwall, southwestern England. *Micropaleontology* 38: 237-260.
- Hirn, K.E. 1900. *Monographie und Iconographie der Oedogoniaceen*. Acta Societatis Scientiarum Fennicae, Helsingforsiae, 27, pp. 394.
- Hooghiemstra, H. 1984. *Vegetational and Climate History of the High Plain of Bogotá, Colombia: A Continuous Record of the Last 3.5 Million Years*. J. Cramer Verlag, Vaduz. *Disertationes Botanicae* 9: 368 pp.
- Hoshaw, R.W., McCourt, R.M. y Jen-Chyong Wang. 1990. Phylum Conjugophyta. En: L. Margulis, J. Corliss, M. Melkonian y D. Chapman (eds.), *Handbook of Protocista*, Jones and Bartlett Publishers, Inc., Boston, pp. 119-131.
- Jarzen, D.M. 1979. Zygosporangia of Zygnemataceae in the Paleocene of southern Saskatchewan (Canada). *Review of Palaeobotany and Palynology* 28: 21-25.
- Kadlubowska, J.Z. 1972. Zygnemataceae. En: K. Starmach y J. Sieminska (eds.), *Flora Slodkowodna Polski*, 12. Drukarnia Uniwersytetu Jagiellonskiego, Krakow, 431 pp.
- Kadlubowska, J.Z. 1984. Conjugatophyceae I. Chlorophyta VIII. Zygnematales. En: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heying y D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 16, Gustav-Fischer Verlag, Stuttgart, 532 pp.
- Komárek, J. y Jankovská, V. 2001. Review of the green algal genus *Pediastrum*: implications for pollen-analytical research. *Bibliotheca Phycologica* 108: 1-127, Berlin-Stuttgart.
- Komárek, J. y Marvan, P. 1992. Morphological differences in natural populations of the genus *Botryococcus* (Chlorophyceae). *Archiv der Protistenkunde* 141: 65-100.
- Kützing, F.T. 1843. *Phycologia generalis*. Brockhouse, Leipzig, 458 pp.
- Kützing, F.T. 1845. *Phycologia germanica*, d.i. Deutschlands Algen in bündiger Beschreibung. Nordhausen, 240 pp.
- Kützing, F.T. 1849. *Species algarum*. Brockhaus, Leipzig, 922 pp.
- Lewis, L.A. y McCourt, R.M. 2004. Green Algae and the origin of the land plants. *American Journal of Botany* 91: 1535-1556.
- Link, H.F. 1820. Epistola de algis aquaticis in genera disponendis. En: C.D. Nees von Esenbeck (ed.), *Horae Physicae Berolinensis*, Bonnae: 1-8pp.
- Lynn, R. y Brock, T.D. 1969. Notes on the ecology of a species of *Zygogonium* (Kütz.) in Yellowstone National Park. *Journal of Phycology* 5: 181-185.
- Martín-Closas, C. 2003. The fossil record and evolution of freshwater plants. A review. *Geologica Acta* 1: 315-338.
- Martínez, M.A., Asensio, M. y Quattrocchio, M.E. 2006. Estratigrafía, paleoambientes y paleoclima del Oligoceno de la cuenca de Ñirihuau (Río Negro, Argentina), en base al estudio palinológico y sedimentológico. 9º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Córdoba), *Resúmenes*, p. 230.
- Mautino, L.R. 2003. Cloroficeas (Chlorophyta) en la Formación San José (Mioceno Medio), provincia de Tucumán, Argentina. 12º Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Buenos Aires, *Ameghiniana Suplemento Resúmenes* 40: 10R.
- Mautino, L.R. 2007. Chlorophyta de los Valles Calchaquíes (Mioceno Medio y Superior), Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 39: 81-102.
- Medeian, S. 2006. Freshwater algal palynomorph records from Holocene deposits in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 83-101.
- Meneghini, G. 1840. Sinopsis Desmidiacearum hucusque cognitatum. *Linnaea* 14: 201-240.
- Meyen, F.I.F. 1829. Beobachtungen über einige niedrige Algenformen. *Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae* 14: 771-778.
- Migula, W. 1897. Die Characeen Deutschlands. Österreichs und der Schweiz. En: X. Rabenhorst (ed.), *Kryptogamic Flora*, Leipzig, E. Kummer, 5, 765pp.
- Ottone, E.G. y Mancuso, A.C. 2006. Algas Chlorococcales como indicadores paleoambientales: nuevos datos de la Formación Los Rastros, Triásico del centro-oeste de Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, nueva serie 8: 209-220.
- Pascher, A. 1914. Über Flagellaten und Algen. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 32: 136-160.
- Pierce, S.T., 1976. Morphology of *Schizosporis reticulatus* Cookson and Dettmann 1959. *Geoscience and Man* 15: 25-33.
- Pocock, S.A.J. y Sarjeant, W.A.S. 1972. Partitomorphae, a new subgroup of Triassic and Jurassic acritarchs. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 21: 346-357.
- Prámparo, M.B., Ballent, S.C., Gallego, O.F. y Milana, J.P. 2005. Paleontología de la Formación Lagarcito (Cretácico inferior) en la provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 42: 93-114.
- Randhawa, M.S. 1959. *Zygnemataceae*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 478 pp.
- Ramos, V. 1981. *Evaluación fotogeológica Area de Ñirihuau (Provincias de Río Negro y Chubut)*. Pluspetrol, 94. Buenos Aires (Informe inédito).
- Rich, F.J., Kuehn, D. y Davies, T.D. 1982. The paleoecological significance of *Ovoidites*. *Palynology* 6: 19-28.
- Rodríguez Amenábar, C. y Ottone, E.G. 2003. La aplicación de *Botryococcus* (Chlorococcales) como indicador paleoambiental en el Triásico de Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 35: 25-35.
- Rodríguez Amenábar, C., di Pasquo, M., Carrizo, H.A. y Azcuy, C.L. 2006. Palynology of the Chigua (Devonian) and Malimán (Carboníferous) formations in the Volcán Range, San Juan Province, Argentina. Part I: Paleomicroplankton and acavate smooth and ornamented spores. *Ameghiniana* 43: 339-375.
- Senousy, H.H., Beakes, G.W. y Hack, E. 2004. Phylogenetic placement of *Botryococcus braunii* (Trebouxiophyceae) and *Botryococcus sudeticus* isolate UTEX 2629 (Chlorophyceae). *Journal of Phycology* 40: 412-423.
- Singh, C. 1971. Lower Cretaceous microfloras of the Peace River area, northwestern Alberta. *Research Council of Alberta Bulletin* 28: 301-542.
- Smith, G.M. 1933. *The fresh water algae of the United States*. McGraw Hill, New York, 716 pp.
- Tell, G. 2004. Recent and fossil species of the genus *Pediastrum* Meyen (Chlorococcales) from Argentina and their geographical distribution. *Algological Studies* 112: 49-71.
- Tell, G. y Zamalao, M. del C. 2004. A Miocene algal assemblage dominated by *Pediastrum leonensis* n. sp. (Chlorophyceae) from Patagonia, Argentina: paleoenvironmental implications. *Journal of Paleolimnology* 32: 247-254.
- Tyson, R.V. 1995. *Sedimentary organic matter. Organic facies and palynofacies*. Chapman y Hall, London, 615 pp.

- Transeau, E.N. 1951. The Zygnemataceae. Columbus Graduate School Monographs, *Contributions in Botany* 1: 1-327.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. y Jahns, H.M. 1995. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge University Press, 623 pp
- van der Wiel, A.M. 1982. A palaeoecological study of a section from the foot of the Hazendonk (Zuid-Holland, The Netherlands), based on the analysis of pollen, spores and macroscopic plant remains. *Review of Palaeobotany and Palynology* 38: 35-90.
- van Geel, B. 1978. A paleocological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25: 1-120.
- van Geel, B. 1998. Are the resting eggs of the rotifer *Hexarthra mira* (Hudson 1871) the modern analogs of *Schizosporis reticulatus* Cookson and Dettmann 1959. *Palynology* 22: 83-87.
- van Geel, B. y van der Hammen, 1978. Zygnemataceae in Quaternary Colombian sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25: 377-392.
- van Geel, B. y Grenfell, H.R. 1996. Capítulo 7A. Spores of Zygnemataceae. En: J. Jansonius y D.C. McGregor (eds.), *Palynology: principles and applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 1: 173-179.
- West, G.S. 1904. *A treatise on the British Freshwater Algae*. Cambridge University Press, Cambridge, 372 pp.
- Wille, N. 1909. Ueber *Wittrockiella* nov. gen. *Algologische Notizen* XV. *Nyt Mag. Naturvidensk* 47: 5-21.
- Zamaloa, M. del C. 1996. Asociación de zigósporas de Zygnemataceae (Chlorophyta) en el Terciario Medio de Tierra del Fuego, Argentina. *Ameghiniana* 33: 179-184.
- Zamaloa, M. del C. y Tell, G. 2005. The fossil record of freshwater micro-algae *Pediastrum* Meyen (Chlorophyceae) in southern South America. *Journal of Paleolimnology* 34: 433-444.
- Zavattieri, A.M. y Prámparo, M.B. 2006. Freshwater algae from the Upper Triassic Cuyana Basin of Argentina: Palaeoenvironmental implications. *Palaeontology* 49: 1185-1209.
- Zavattieri, A.M., Rosenfeld, U. y Volkheimer, W. 2008. Palynofacies analysis and sedimentary environment of Early Jurassic coastal sediments at the southern border of the Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Science* 25: 227-245.
- Zippi, P., Yung, K., McAndrews, J., Stokes, P. y Norris, G. 1990. An investigation of the potential of Zygnematacean zygosporres, Peridinium and Pediastrum as paleo-indicators of recent lake acidification. *Environmental Research, Technology Transfer Conference, Proceedings*, 1: 393-396.
- Zippi, P.A. 1998. Freshwater algae from the Mattagami Formation (Albian), Ontario: Paleocology, botanical affinities, and systematic taxonomy. *Micropaleontology* 44: 1-78.

**Recibido:** 12 de noviembre de 2007.

**Aceptado:** 12 de septiembre de 2008.